

1116

石油化工中等专业学校统编教材

石油化工测量及仪表

石油化工测量及仪表

谢小球 主编

中

TQ510.7
10

社



中国石化出版社

石油化工中等专业学校统编教材

石油化工测量及仪表

谢小球 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书重点介绍石油化工生产过程中主要参数（如压力、物位、流量及温度等）的自动检测方法
与原理。对常用的测量仪表和显示仪表的结构原理、特点、测量电路、技术指标、调校安装等
作了详细的分析。本书加强了测量误差的基本理论、数据处理方法的阐述，还介绍了近年来国内
外发展起来的新型测量仪表。

本书是普通中等专业学校仪表及自动化专业教材，亦可供其它专业师生和工厂企业有关科技
人员参考。

石油化工中等专业学校统编教材

石油化工测量及仪表

谢小球 主编

中国石化出版社出版发行

（北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码：100029）

北京京东印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092毫米 16开本 26印张 665千字 印1501—4500

1994年11月北京第1版 1996年3月北京第2次印刷

ISBN 7-80043-528-8/TP·012 定价：22.00元

前 言

本书是在中国石化总公司教育处和中国石化总公司普通中专仪表及自动化专业指导组的领导下，根据中国石化总公司教育处组织制订的仪表及自动化专业教学计划和《石油化工测量及仪表》课程教学大纲，在作者多年来讲授这门课的基础上编写的。本书是普通中等专业学校仪表及自动化专业教材，也可作为其它专业师生和工厂企业有关科技人员的参考书。

《石油化工测量及仪表》一书主要介绍了石油化工生产过程中主要参数自动检测的方法、原理和常用典型仪表的结构、工作原理、测量电路、调校和使用要求等，以及为获取定量信息而进行精确测量的误差分析和数据处理等基本内容，同时注意介绍近几年来出现在石油化工生产过程中的新型测量仪表，本书有如下几方面特点：

一、突出石油化工生产过程的特点，加强了误差理论在自动检测中的数据处理及分析的基本方法的阐述；加强了在工业生产过程中主要参数的测量原理、方法以及常用典型测量仪表、显示仪表的工作原理、测量电路的分析；加强了理论和实践的结合，注意培养应用型技术人才，书中所采用的素材都是生产过程中常用的自动检测实例，有利于提高学生分析问题、解决问题的能力，为将来从事生产第一线工作奠定良好的基础。

二、注意了教学各个环节的配合。根据《石油化工测量及仪表》课程教学大纲安排总学时数为112小时，同时安排五个实验，加强典型测量仪表、显示仪表的校验、安装等方法的实际操作技能训练，并在每章之后布置一定的课外作业，以便巩固和加深对本章的理解。

三、随着科学技术的发展，测量仪表的变换日新月异，本书除介绍基本的测量方法、测量原理及仪表外，加强了近年来国内外所发展起来的新型测量仪表的介绍。

学习本门课程的基本要求是：系统了解石油化工生产过程中主要参数自动检测的基本原理及其方法，掌握常用测量仪表、显示仪表的原理、特点、技术指标和调校安装以及合理的选择、正确的使用；掌握准确测量的方法，并对实验数据与测量结果进行处理和分析，培养实际调校技能。

本书由广东石油化工专科学校谢小球主编。概述、第一、三篇由谢小球编写；第二、四篇由兰州化工学校苏秋菊写出初稿，谢小球修改、整理；第五篇由广东石油化工专科学校蔡宣礼编写。全书由兰州炼油化工总厂自动化研究所顾天骝主审。茂名石油化工公司吴琪瑞、兰州石油学校邹益民等参加了审稿。

本书在编写过程中，曾得到兰州炼油化工总厂、上海工业自动化仪表研究所、茂名石油化工公司、广州石油化工总厂、兰州化学工业公司、上海石油化工总厂以及兰州石油学校、兰州化工学校、上海石油化工专科学校、上海石油化工中等专业学校等兄弟院校的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中错误、不妥之处在所难免，恳请广大师生和读者提出宝贵意见。

KAF 84/04

本书使用的主要符号说明

A	面积、放大倍数	R_L	负载电阻
B	磁感应强度	R_m	量程电阻
C	电容、流出系数、刚度、阻力系数	R_p	滑线电阻
C_p	定压比热	R_t	热电阻、热敏电阻
C_v	定容比热	R_{np}	滑线电阻与工艺电阻、量程电阻的 并联等效电阻
D	直径、二极管	R_w	电位器
D_w	稳压管	R_s	测量回路的等效电阻
E	弹性模数、电源电势、热电势、渐 近速度系数、孔板厚度	S	灵敏度、标度转换系数
F	力	S_u	桥路的电压灵敏度
G	重量	T	真值、晶体管、场效应管、温度、 周期
H	长度、高度、距离、厚度	T_0	自由端温度
I	电流、辐射强度	T_d	最低自由端温度
IC	集成电路	T_f	最高自由端温度
J	转动惯量	T_c	临界绝对温度
K	各种系数、常数、管道绝对平均粗 糙度	T_p	同步电机
K_f	反馈系数	T_r	对比温度
L	长度、自感(电感)	U	电压
M	示值、质量流量、力矩	U_y	放大器的不灵敏区
M_r	分子量	V	体积、电压、测量单位
N	标准状态	V_i	输入电压
ND	可逆电机	V_o	输出电压
P	压力	W	重量
P_a	大气压力	X	被测量、位移量、体积百分数、质 量百分数
P_c	临界绝对压力	Z	阻抗、压缩系数
P_r	对比压力	Z_L	负载阻抗
P_s	被测压力	a	长半轴、宽度
ΔP	压力差	b	短半轴、宽度
δ_F	压力损失	d	直径、厚度、距离
Q	体积流量、热量	e	电势、自然对数的底、孔板圆筒形 部分长度
R	半径、电阻、气体常数	f	频率、环室环隙厚度、绝对湿度
Re, Re_D	雷诺数	g	重力加速度
R_s	工艺电阻		
R_c	铜电阻		

h 高度、深度
 i 交流电流、桥路电阻比
 k 等熵指数
 l 长度
 m 截面比
 p 电子电荷量
 r 半径、电阻
 r_{R_0} 管道粗糙度修正系数
 t 时间、温度
 u 圆周速度、交流电压瞬时值
 v 速度
 Δ 绝对误差、变化量
 λ 膨胀系数
 ϕ 直径
 ϕ 磁通
 α 各种系数 (膨胀、流量、电阻温度)
 α_0 修正值
 $\Delta\alpha$ 角位移
 β 各种系数、直径比
 γ 中心角
 $\Delta\gamma$ 中心角变化量
 δ 引用误差、厚度

$\Delta\delta$ 位移
 ε 线应变、介电常数、膨胀系数
 η 动力粘度、比例系数
 θ 角度
 κ 几何参数
 λ 比值 (滑线电阻不工作部分与滑线电阻之比)
 μ 泊松系数、介质吸收系数、平均体膨胀系数
 ν 运动粘度
 ξ 仪表常数
 π 圆周率
 ρ 电阻率、密度
 ρ_g 干气体密度
 ρ_m 混合密度
 ρ_s 湿气体密度
 σ 标准误差
 τ 剪应力、极限误差、延迟时间
 φ 相对湿度
 ω 对比状态下的膨胀系数、角频率
 max 最大
 min 最小
 com 常用

概 述

在石油化工生产过程中，为了正确地指导生产操作，保证生产安全，保证产品质量和实现生产过程自动化，实现现代化企业的管理，节约能源和提高经济效益，及时而准确地检测出生产过程中各个有关参数是非常重要的，尤其是对压力、物位、流量、温度等四大参数的自动测量。随着科学技术和生产的发展，工艺流程的大型化、繁杂化及电子计算机的应用，对测量技术的精度、稳定性、可靠性提出更高的要求。世界各国竞相研制出新型的测量仪表，以其设计原理新颖，安装使用简便，本质安全防爆等特点，尤以精度高、体积小、重量轻、调整方便、长期稳定性高、品种规格齐全等，在生产过程中发挥着巨大的作用。

一、测量过程及误差

(一) 测量过程

测量过程在石油化工生产中，就是应用仪表通过正确的测量方法，准确地获取表征被测对象特征的定量信息的过程。虽然所应用的测量仪表种类很多，但从测量过程的实质来看，却都有相同之处。例如，弹簧管压力表之所以能用来测量压力，是由于弹簧管受压后的弹性形变，把被测压力变换为弹性形变位移，然后再通过机械传动放大，变成压力表指针的偏移，并与压力刻度标尺上的测量单位相比较而显示出被测压力的数值；又如各种炉温的测量，利用热电偶的热电效应，把被测温度变换成直流毫伏信号，然后变为毫伏测量仪表上的指针位移，并与温度标尺相比较而显示出被测量温度的数值等等。由此可见，各种测量方法及仪表不论采用哪一种原理，它们的共性在于被测参数都要经过一次或多次的信号变换，最后获得便于测量的信号，由指针位移或数字形式显示出来。所以各种测量仪表的测量过程，实质上就是被测参数信号的一次或多次不断变换和传送，并将被测参数与其相应的测量单位进行比较的过程，而测量仪表就是实现变换、比较的工具。

(二) 测量误差

测量误差是指仪表指针或标尺所显示的被测值的示值，与客观存在的被测值的真值之

差。真值是客观存在的，自然界中一切物体都处于永恒的运动中，而被测值的真值的确定，是假定在一定的时间、空间或某种状态下某个量所表现出来的实际大小。一般来说，人们对于被测值的真值的认识，虽然随着实践经验的积累和科学技术的发展，将会愈来愈接近，但绝不会达到完全相等的程度。因为真值是用任何仪表也无法测出的，也就是说任何仪表都可能或多或少有误差。因此，国际计量大会的决议定义了长度、质量、时间、电流强度、热学温度、发光强度及物质的量等七大基本单位，凡是满足有关规定条件复现出的量值，称为计量学约定真值。例如，用经过国家标准计量机构标定的标准仪表校验普通工业仪表时，标准仪表的测量结果就做为约定真值。所以，今后实际讨论测量误差时，用“约定真值”代替“真值”。

在测量过程中，存在着各种各样的影响因素，例如对被测对象本质认识的不全面，或采用的检测技术工具不十分完善，以及观测者的技术熟练程度不同等，使所获得的测量结果与

约定真值之间总是存在一定的差别。差别愈小，说明测量精度愈高。因此，求知测量误差的目的，就在于用来判断测量结果的准确程度。

(三) 误差的分类

由于种种的客观及主观的原因，任何测量过程必然存在误差。根据测量误差的性质及产生的原因，测量误差可分为三类。

1. 系统误差

在相同条件（指人员、仪器及环境等条件）下多次重复测量同一量时，误差的大小和方向保持不变，或按一定的规律变化，这种误差称作系统误差。它主要是由于测量工具或仪器本身，以及测量者对仪器使用不当等原因所造成的有规律的误差。系统误差决定了测量的准确度。系统误差越小，测量结果越准确。系统误差说明了测量结果偏离被测值的约定真值的程度。系统误差是有规律性的，因此可以通过实验的方法，或引入修正值的方法，一次修正给以消除。

2. 随机误差

在相同条件下多次重复测量同一量时，误差时大时小，时正时负，其大小和符号均是无规律变化的误差称为随机误差。它是由于测量过程中许多偶然的因素所引起的综合结果，故又称偶然误差，随机误差决定了测量的精密度。随机误差越小，测量结果的精密度越高。随机误差不能通过实验的方法来加以消除，但可以从理论上估算其对测量结果的影响。

3. 疏忽误差

在相同的条件下，多次重复测量同一量时，明显地歪曲了测量结果的误差，称为疏忽误差。这种误差是由于观测者对仪器的不了解，或因思想不集中，疏忽大意导致错误的读数或不正确的观测而引起的。这种误差的数值是很难估计的，带有这种测量误差的测量结果是毫无意义的。因此，必须加强责任感，细心工作，避免发生这种误差。

二、测量仪表的基本技术性能

仪表的性能指标是评价仪表性能好坏，质量优劣的主要依据，它也是正确地选择仪表和使用仪表，以达准确测量之目的，所必需具备和了解的知识。因此，深入了解仪表性能的主要指标，根据要求，正确地选择和使用仪表，对于测量工作者来说是十分重要的。

(一) 仪表的参比工作条件和正常工作条件

参比工作条件是指仪表进行初次标定时所规定的条件。因此，检定仪表基本误差时，应该遵守参比工作条件所规定的各项要求。

正常工作条件是指仪表可在这个环境条件下使用。

仪表在出厂的使用说明书的技术指标中，不仅给出参比工作条件，而且还给出正常工作条件。一般来说，不同的厂家、不同类型的仪表，它所规定的参比工作条件和正常工作条件也不一样。这里仅以某台仪表来说明参比工作条件和正常工作条件所包括的主要内容：

表 0-0-1 操作条件

影 响	参比工作条件	正常工作条件
环境温度	$20 \pm 5^{\circ}\text{C}$	$-45 \sim +80^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$65\% \pm 15\%$	$0 \sim 100\%$

影 响	参比工作条件	正常工作条件
电源电压	24V(DC)±10%	≥12V(DC)~≤45V(DC)
外界电磁场干扰	应避免	输出误差为量程的0.1%
外界机械振动和冲击	应避免	输出误差为量程的0.1%
仪表负载、输入输出功率、电压、频率等	符合技术要求	符合技术要求

(二) 测量范围与量程

在正常工作条件下，仪表可以进行测量的被测参数的范围叫测量范围，其最低值和最高值分别叫做测量范围的下限和上限，测量范围的表示法是用下限值至上限值来表示。例如，某台电子电位差计的测量范围是 $-100\sim 500^{\circ}\text{C}$ 。

测量的量程是测量范围的上限 ($I_{上}$) 与下限 ($I_{下}$) 的代数差，记为 $L=I_{上}-I_{下}$ ，如上述电子电位差计的量程为 $L=600^{\circ}\text{C}$ 。

给出测量范围，便知上、下限及量程。若仅给出量程，便无法判断仪表的测量范围。

(三) 仪表的基本误差

基本误差是指仪表在规定的参比工作条件下的误差，仪表的基本误差有如下几种形式：

1. 绝对误差

仪表的指示值与被测值的约定真值之间的代数差，称为仪表示值的绝对误差，符号为 δ ，表示为：

$$\delta = X - T \quad (0-0-1)$$

式中 X ——测量所得到的被测值的指示值；

T ——被测值或被测参数的约定真值。

2. 相对误差

仪表示值的绝对误差与被测值的约定真值的比值，称为仪表示值的相对误差 $\delta_{相}$ ，常用百分数表示：

$$\delta_{相} = \frac{\delta}{T} \times 100\% = \frac{X - T}{T} \times 100\% \quad (0-0-2)$$

指示值的相对误差比其绝对误差更好地说明测量的精确程度。如有两组测量值，第一组： $T=1000^{\circ}\text{C}$ ， $X=1005^{\circ}\text{C}$ ， $\delta=+5^{\circ}\text{C}$ ， $\delta_{相}=0.5\%$ ；第二组： $T=100^{\circ}\text{C}$ ， $X=105^{\circ}\text{C}$ ， $\delta=+5^{\circ}\text{C}$ ， $\delta_{相}=5\%$ 。由此可见两组的绝对误差虽然均为 $+5^{\circ}\text{C}$ ，但第一组的相对误差小得多，显然第一组测量比第二组精确。但在评价仪表质量时，利用相对误差作为衡量标准也很不便，因为使用仪表时，一般不应测量过小的量（如靠近测量范围下限的量），而多用在测量接近上限的量，如 $2/3$ 量程处。故用下面的引用误差的概念来评价仪表质量更为方便。

3. 引用误差

仪表指示值的最大绝对误差 δ_{max} 与仪表标尺范围之比值，称之为仪表的引用误差 $\delta_{引}$ 。引用误差常以百分数表示

$$\delta_{引} = \frac{\delta_{max}}{\text{标尺上限刻度值} - \text{标尺下限刻度值}} \times 100\% \quad (0-0-3)$$

仪表的引用误差是仪表基本误差的主要形式，故也常称之为仪表的基本误差。它是仪表的主要质量指标，它能很好地说明仪表的精确度。

4. 允许引用误差

允许引用误差，简称允许误差，它是仪表在出厂时所规定的引用误差（即基本误差）的允许值。

(四) 仪表的附加误差

仪表的附加误差，是指若有一项影响量偏离了参比工作条件（但仍然在仪表规定的使用范围内，即正常工作条件下），而引起的仪表示值的变化，称为附加误差。附加误差一般都明确指出产生误差的因素，如温度附加误差、频率附加误差、电源电压变化所产生的附加误差等等。仪表技术条件中一般都规定附加误差的范围。

(五) 仪表的精确度与精度等级

1. 仪表的精确度

仪表的精确度是精密度和准确度的综合指标，简称精度。对于具体的测量，精密度高，准确度的不一定高，准确度高的精密度的也不一定高，但精确度高，则精密度和准确度都高。

精密度的定义：是指对同一被测值进行多次测量，测量值重复一致的程度，或者说测量值分布的密集程度。精密度的反映随机误差的影响，随机误差愈小，精密度的愈高。

准确度的定义：是指对同一被测值进行多次测量，测量值偏离被测值的约定真值的程度。准确度反映了系统误差的影响，系统误差愈小，准确度的愈高。

2. 仪表的精度等级

仪表的精度等级，是为了衡量仪表的质量，国家根据仪表精确度的高低，统一划分成系列等级（如0.005、0.01、0.02、0.04、0.05、0.1、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0、5.0），精度等级数字愈小，精度愈高。

工业用仪表常用基本误差的允许引用误差作为判断精度等级的尺度。例如，某台测温仪表的允许引用误差值为 $\pm 0.5\%$ ，就用这个允许引用误差百分数的分子作为精度等级的标志，即其精度等级为0.5级。精度等级的标志，是代表允许引用误差的大小，它决不意味着该仪表实际测量中出现的误差。

在检定和校验中，规定仪表的引用误差不能超过其允许误差，即 $\delta_{引} \leq \delta_{允}$ ，该表才合格。如果某测温仪表的精度原为1.5级，而在校验中求得的 $\delta_{引} = 1.2\%$ ，小于其允许误差 $\pm 1.5\%$ ，故校验结果表明该仪表是符合1.5级的。仪表的精度等级常以圆圈、三角内的数字标明在仪表的面板上。例如1.5级，就用 $\textcircled{1.5}$ 或 $\triangle 1.5$ 表示。

表 0-0-2 工业仪表常见精度等级

精度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
允许误差 $ \delta_{允} $	0.1%	0.2%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%
引用误差 $ \delta_{引} $	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.5\%$	$\leq 2.0\%$	$\leq 2.5\%$

(六) 变差

仪表处在参比工作条件下，将被测值从量程的下限逐渐增加至上限（称为正行程）和从量程的上限逐渐减少至下限（称为反行程），对于仪表的同一示值，上述两次测量值的代数差，也即正行程读数与反行程读数差称之为变差。如图0-0-1所示。

变差的大小，用仪表各刻度点上正反行程示值的最大差值与仪表标尺范围之比的百分数表示，即

$$\text{变差} = \frac{\Delta_{\dots}}{\text{标尺上限刻度值} - \text{标尺下限刻度值}} \times 100\% \quad (0-0-4)$$

如果仪表的变差在允许误差范围之内，则此表合格。

变差又称回差，实际反映在仪表检验时所得的上升曲线和下降曲线常出现不重合的现象。其原因可能是由于仪表内某些元件有能量的吸收，例如弹性变形的滞后现象，磁性元件的磁滞现象；或是由于仪表内传动机构摩擦、间隙等造成。

(七) 线性度 (或称非线性误差)

理想测量仪表的输入—输出关系应该是线性的，而实际测量仪表往往会由于各种因素的影响，使仪表的实际特性曲线偏离其理论上的线性关系，如图0-0-2所示。这种偏差叫非线性

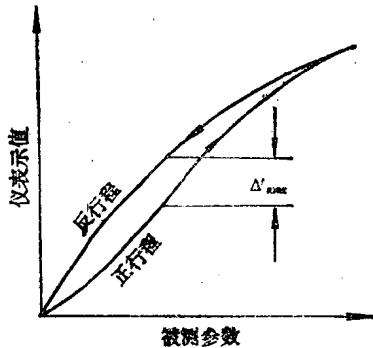


图 0-0-1 测量仪表的变差

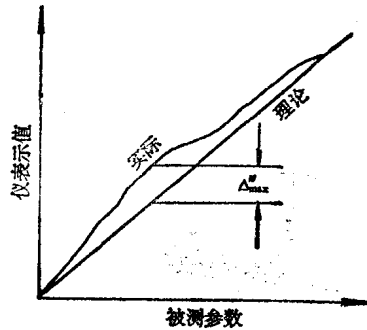


图 0-0-2 非线性现象

性误差，它用校验曲线与相应的理论直线之间的最大偏差与仪表标尺范围之比的百分数来表示，即

$$\text{非线性误差} = \frac{\Delta_{\max}}{\text{标尺上限刻度值} - \text{标尺下限刻度值}} \times 100\% \quad (0-0-5)$$

非线性误差不能超过使用说明书技术条件中的允许值。

(八) 仪表的灵敏度与分辨率

1. 灵敏度

灵敏度是指由于仪表输入的变化，所引起输出的变化量 ΔY 与输入变化量 ΔX 之比值。也就是说，仪表的灵敏度是单位输入量的变化所引起的输出量的变化，若灵敏度用符号 S 表示，则可记为：

$$S = \Delta Y / \Delta X$$

由于输入变化量 ΔX 与输出变化量 ΔY 均是有量纲的，所以 S 也是有量纲的。如输入量为温度， $[\Delta X] = ^\circ\text{C}$ 。输出量为指针在标尺上的位移， $[\Delta Y] = \text{分格}$ ，则 $[S] = \text{分格}/^\circ\text{C}$ 。如果输入与输出是同类量，则此时 S 可理解为放大倍数。因此仪表的灵敏度比放大倍数的含义要广得多。

仪表的灵敏度可以用增大放大系统(机械的或电子的)的放大倍数的办法来提高。但是必须指出，仪表的性能主要取决于仪表的基本误差。要提高仪表的精度就要提高仪表的灵敏度，但提高仪表的灵敏度不一定能提高仪表的精度，过高的灵敏度，反而会带来读数的不稳定。

2. 分辨率 (又称灵敏限)

分辨率是指仪表示值可以响应与分辨的最小输入量的变化。也就是说，引起仪表示值发生可见变化的被测参数的最小变化量。它说明了仪表响应与分辨输入量微小变化的能力。一般来说，仪表的分辨率的数值应不大于仪表允许误差绝对值的一半。

灵敏度和分辨率说明仪表性能的重要指标。灵敏度越高,分辨率越好。二者是相适应的。

(九) 漂移

漂移是指仪表在一定工作条件下,保持输入信号不变,输出信号随时间或温度的缓慢变化。随着时间的漂移称为时漂。随着环境温度的漂移称为温漂。例如,弹性元件的时效,电子元件的老化,放大线路的温漂,热电偶热电极的污染等均为漂移。

漂移能够说明仪表工作的稳定性能,需要长时间运行的仪表,这个指标更为重要。

(十) 重复性和再现性

1. 重复性

重复性是指仪表在同一工作条件下,对同一输入值,按同一方向,连续多次测量的输出值之间相互一致的程度。为了便于测量,是在多次测量中选其输出差别最大的值,也就是重复性最差的值,作为重复性优劣的标志。重复性是指在上升的各曲线间的最大离散程度和下降的各曲线间的最大离散程度之中的最大者。如图0-0-3所示。即用全范围内的各输入值所测得的最大重复性误差确定。它应不包括回差、滞环。

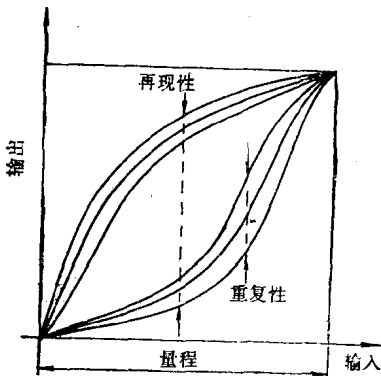


图 0-0-3 重复性和再现性

2. 再现性

再现性是指仪表在同一工作条件下,在规定时间(一般为较长时间)内,对同一输入值,从两个相反方向上重复测量的输出值之间的相互一致程度。如图0-0-3所示。仪表的再现性由全范围内同一输入值多次重复测量的相应上升和下降的输出值之间的最大差值确定,并以量程百分数表示。在重复测量之间,输入可在整个范围内变化,工作条件也可在正常工作条件内变化。再现性包括滞环、死区、漂移和

重复性。

(十一) 可靠性

现代工业生产的自动化程度日益提高,仪表的任务不仅要提供检测数据,而且以此为依据,直接参与生产过程的控制,因此仪表在生产过程中的地位越来越重要。仪表出现故障往往会导致严重的事故,为此必须加强仪表可靠性的研究,提高仪表的质量。

衡量仪表可靠性的综合指标是有效度,其定义为:

$$\text{有效度} = \frac{\text{平均无故障工作时间}}{\text{平均无故障工作时间} + \text{平均修复时间}}$$

有效度的数值越大越好。也就是说,平均无故障工作时间尽可能长,而平均修复时间尽可能短。有效度的数值越接近1,仪表工作越可靠。为了方便起见,目前更多用平均无故障工作时间来衡量仪表的可靠性。

(十二) 仪表的响应时间

上面所介绍的都是指仪表在测量过程中,达稳态后的误差,即静态误差。这里介绍测量过程中,被测参数处于变动状态下的误差,即动态误差。

仪表的响应时间,是指当仪表输入阶跃变化时,仪表输出从一个稳态到另一稳态值(有些情况下取其90%)所需时间。

当仪表输入从一稳态到另一稳态突然变化时，只有经过一定时间稳定之后，才有相应的输出响应。这是因为仪表的传感器响应输入量的变化需要时间，仪表各个环节信号的放大，传输和变换均需有一定的时间等。

一台仪表能否尽快反映出被测参数的变化情况，这也是一项很重要的技术性能。仪表的响应时间的长短，反映了仪表动态特性的好坏。为了表征仪表的动态性能，常用“时间常数”和“阻尼时间”来描述。

所谓时间常数，就是指在参数值作阶跃变化后，仪表指示值达到参数变化值的63.2%时所需的时间。如图0-0-4所示。仪表指示不能立即反映参数实际变化情况，常叫仪表的滞后现象。时间常数小的仪表滞后就小，即响应时间短；反之亦然。

阻尼时间是指从给仪表突然输入其标尺一半的相应参数值时开始，到仪表指示值与输入参数之差为该仪表标尺范围的±1%时为止的时间间隔。如图0-0-5所示。

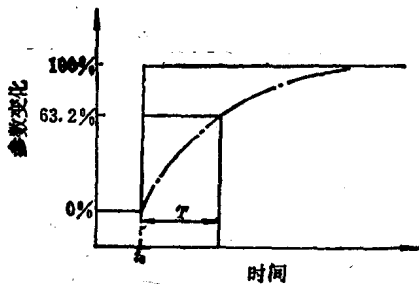


图 0-0-4 仪表的时间常数

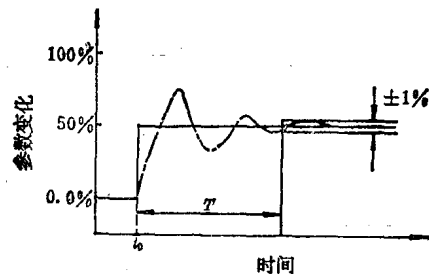


图 0-0-5 仪表的阻尼时间

三、误差数据处理

(一) 检定基本误差的数据处理

基本误差是仪表在规定的参比工作条件下的极限误差。检定基本误差时的数据处理要注意以下两点。

1. 检定数据应在参比工作条件下

例如，在室温35℃时检定0.5级100V的电压表，在90V这点标准表读数为90.8V，试问这仪表是否合格？

这点误差为 $\frac{90-90.8}{100} = -0.8\%$ ，按基本误差要求，已超过允许误差±0.5%的要求，但现在室温为35℃，已偏离参比工作条件 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的规定，故不能断定这仪表不合格。因为根据电表技术条件规定，当室温偏离参比工作条件 10°C 时，温度的附加误差对0.5级电表来说为±0.5%，就是说0.5级电表工作在35℃时允许误差为±1%，因此这仪表在35℃时应该认为是合格的。当然不能证明在参比工作条件下，这仪表是合格或不合格。此例说明检定基本误差必须在参比工作条件下进行。

2. 应选取误差最大者作为基本误差

基本误差是仪表在参比工作条件下的极限误差，在满足参比工作条件的前提下，一般进行两次检定，选取误差最大者作为检定结果。如其中有一次检定仪表不合格，即使另外一次检定是合格的，最后检定结果认为该表不合格。

(二) 检定记录与检定证书的填写

1. 仪表检定记录的填写

(1) 记录仪表检定数据时，只要知道检定误差（即标准仪表的允许误差），就可以确定填写记录的位数。检定误差一般是被检仪表允许误差的 $1/3 \sim 1/10$ ，因此标准仪表读数的有效数字位数，一般可以比被校仪表读数的位数多一位，也可相同。因为标准表的读数主要是用来判别被校表的误差大小，以及用来作修正值，由于被校表的读数分辨的限制，标准表读得再多位也无用。

(2) 仪表是否合格，应以化整后的数值来判别。因为仪表的合格与否，是以最后检定记录为准，而检定记录最后填写的数据是化整后的数据。例如，要求把327.499化整到三位数，则为327，最大化整误差为0.5；345.51要求化整到四位数，则为345.5，最大化整误差为0.05。由此可见，最大化整误差是化整后数字的末个数位的半个单位。化整误差对检定结果的总误差的影响很小。有效数字位数取得太少，化整误差将严重影响总误差，一般与检定误差的末位数同一个数位；取得太多，无实际意义。

2. 检定证书的填写

(1) 证明该仪表是否合格。就是证明该仪表的引用误差是否小于该仪表的允许误差值，以及其它技术要求是否达到。

(2) 给出修正值，或者给出实际值，以便使用者用来对该仪表的系统误差进行修正。

四、测量仪表的基本组成和分类

(一) 测量仪表的基本组成

由于石油化工参数种类繁多，生产条件各有不同，石油化工测量仪表也是多种多样。但是，不管哪一种，基本上是由三部分组成：即传感器、变送器和显示装置组成。如图0-0-6所示。

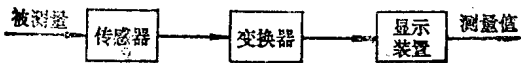


图 0-0-6 测量仪表的组成

1. 传感器

传感器是仪表与被测对象直接发生联系的部分。它的作用是感受被测量的变化，并将感受到的参数信号或能量形式，转换成某种能被显示装置所接收的信号。例如，我们熟悉的体温计，它端部的温泡可认为是传感器，它直接感受体温的变化，并转换成水银柱高度的变化，而输出位移信号。热电偶、热电阻、节流装置等，都是传感器的具体例子。传感器的好坏，将决定整个仪表的测量质量。因此，对传感器的要求是：输入与输出间应有单值函数关系，最好是线性关系，其输出不受非被测量的影响；消耗的能量要少。

2. 变送器

为了将传感器的输出信号进行远距离传送、放大、线性化或转变成统一信号，供给显示装置，需要用变送器来对传感器的输出作必要的加工处理和传送。例如，在流量测量系统中，标准节流装置感受流量的变化，产生与流量平方成正比的差压信号输出，通过导管传送到差压流量变送器，经转换放大，输出电流信号，又通过导线传送到显示仪表。又如，在单元组合仪表中，将各种传感器的输出信号，转换成统一的标准信号，使显示仪表能够适用于不同的被测参数。

3. 显示装置

显示装置的作用是向观察者显示被测量数值的大小。它可以是瞬时量的显示，累积量的显示，越限和设限报警等；也可是相应的记录显示；有的甚至有调节功能去控制生产过程。

显示部分是人和仪表联系的主要环节。它有指示式、数字式和屏幕式三种。

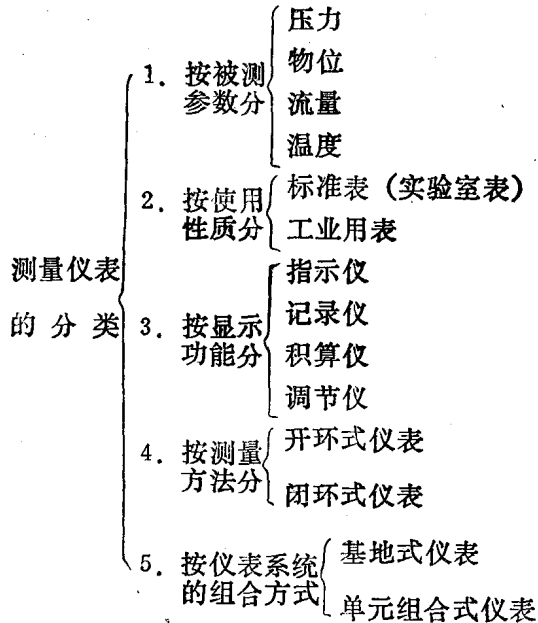
(1) 指示式显示，又称模拟式显示。被测量数值的大小，由指示器或指针在标尺上的相对位置来表示。有的还带记录机构，以曲线形式给出被测量随时间变化的数据。这种模拟式显示是比较方便、直观的。但这种仪表读数的精度和仪表的灵敏度等受标尺最小分度的限制，且读数易引入主观误差。

(2) 数字式显示：直接以数字形式显示出被测量的数值大小，也可附加打印设备，打印出数据。数字式显示减少了读数的主观误差，提高了读数的精度，还能方便地与计算机连用。这种仪表正越来越多地采用。

(3) 屏幕显示：实际上是一种电视显示方式。它结合了上述两种显示方式的优点，具有形象性和易于读数的优点，又能同时在电视屏幕上显示一个被测量或多个被测量的大量数据，有利于对它们进行比较分析。

(二) 测量仪表的分类

由于科学技术及生产的迅速发展，检测仪表的种类繁多，不胜枚举。为此，简单分类如下。



习题与思考题

1. 按测量误差出现的规律分类，可分为哪几类？产生各类误差的主要原因是什么？
2. 什么是仪表的变差？什么是仪表的不灵敏区？
3. 什么是仪表的灵敏度和灵敏限？为什么要限制仪表的灵敏限的数值不得大于仪表允许误差绝对值的一半？
4. 什么是仪表的基本误差？什么是仪表的附加误差？
5. 有一台精度等级为0.5级的温度测量仪表，其测量范围为 $0\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，在参比工作条件下进行校验，其最大绝对误差为 6°C ，求该仪表的
 - (1) 引用误差为多少？
 - (2) 基本误差为多少？
 - (3) 允许误差为多少？

(4) 仪表的精度是否合格?

6. 有两台测温仪表, 其测量范围分别是 $0\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 和 $500\sim 1000^{\circ}\text{C}$, 已知在参比工作条件下, 其绝对误差的最大值均为 $\pm 6^{\circ}\text{C}$, 试确定它们的精度等级?

7. 有一台测量范围为 $0\sim 1.6\text{MPa}$ 的压力表, 在参比工作条件下进行校验, 其校验结果如下:

被校表刻度值 (MPa)	0	0.40	0.80	1.20	1.60
正行程示值 (MPa)	0	0.39	0.80	1.20	1.59
反行程示值 (MPa)	0.10	0.41	0.81	1.21	1.60

试计算此被校表的引用误差和变差? 此表表盘上的标志为1.0级, 问该表是否合格?

目 录

概述	1	第一节 压力表的选择	27
一、测量过程及误差	1	第二节 压力表的调校	27
二、测量仪表的基本技术性能	1	一、常用的校验仪器—— 活塞式压力计	27
三、误差数据处理	7	二、产生误差的原因	29
四、测量仪表的基本组成和分类	8	第三节 压力表的安装	29
第一篇 压力测量		一、测压点的选择	29
概述	1	二、导压管铺设	29
第一章 弹性式压力计	2	三、压力表的安装	29
第一节 弹簧管式压力表	3	第二篇 物位测量	
一、弹簧管的测压原理	3	概述	31
二、弹簧管压力表的结构	4	一、物位测量的意义	31
第二节 其它弹性式压力计	5	二、物位测量的概念	31
一、膜盒式压力计	5	三、物位测量的特点及主要类型	31
二、波纹管式压力计	5	第一章 静压式液位计	32
第二章 应变片式压力计	6	第一节 静压式液位计测量原理	32
第一节 应变片原理	6	第二节 静压式液位计测量方法	33
第二节 应变片式压力传感器	8	一、压力式液位计	33
第三章 压力变送器	8	二、差压式液位计	33
第一节 电容式压力变送器	9	第三节 对特殊介质液位的测量	36
一、电容式压力测量基本原理	9	一、法兰式差压变送器	36
二、电容式压力变送器	9	二、吹洗法测量液位	38
三、电容式压力变送器的主要性能指标和调校	17	第四节 差压式液位计的校验和迁移实例	40
第二节 扩散硅式压力变送器	19	一、锅炉水位测量	40
一、测量部件	19	二、液体密度的测量	40
二、放大线路	20	第二章 浮力式液位计	42
第三节 振弦式压力变送器	23	第一节 恒浮力式液位计	42
一、振弦压力传感器的基本工作原理	23	一、浮标式液位计	42
二、振弦式压力变送器	25	二、浮球式液位计	43
第四章 压力表的选择、校验和安装	27	第二节 变浮力式液位计	44